

Research on the Intelligent Diagnosis System for the Safe State of Nuclear Power Plant Operation

Kaijin Wan

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

Abstract

As a key part of clean energy, the maintenance of the safe state of nuclear power plant is crucial. In order to solve the problem of monitoring and diagnosis, an intelligent diagnosis system is constructed, and the research status of operation safety status is deeply analyzed. The efficient system architecture is designed, which still faces challenges such as parameter monitoring and feature extraction. Solution strategies are proposed, including parameter monitoring, feature extraction, and logical model building. The application of intelligent technology is discussed to provide theoretical and technical support for the intelligent diagnosis system of nuclear power plant.

Keywords

nuclear power plant; intelligent diagnosis system; safety state; feature extraction; logical model

核电厂运行安全状态的智能诊断系统的研究

万凯进

大亚湾核电运营管理有限责任公司, 中国·广东 深圳 518124

摘要

核电厂作为清洁能源的关键组成部分, 安全状态的维护至关重要。为解决监测与诊断难题, 本研究构建了智能诊断系统, 深入分析了运行安全状态研究现状和相关技术。设计了高效系统架构, 仍面临参数监测、特征提取等挑战。提出了解决策略, 包括参数监测、特征提取和逻辑模型建立。讨论了智能技术应用, 为核电厂智能诊断系统提供理论和技术支持。

关键词

核电厂; 智能诊断系统; 安全状态; 特征提取; 逻辑模型

1 引言

核电厂作为清洁、高效的能源生产方式, 对社会经济发展起到了积极作用。然而, 随着核电技术的不断发展, 核电厂运行安全状态的监测与维护变得尤为重要。传统的安全状态监测方法往往依赖于经验与人工判断, 存在局限性。为了提高核电厂运行安全状态监测的准确性和效率, 智能诊断系统的引入成为一种切实可行的解决方案。

2 核电厂与智能诊断系统

核电厂作为现代清洁能源的关键组成部分, 其运行安全状态的研究现状对于确保其可靠、高效运行至关重要。随着社会对清洁能源的需求不断增长, 核电厂的安全性和稳定性成为能源行业和公众关注的焦点。在当前的研究背景下, 对核电厂运行安全状态的深入研究是为了更好地理解 and 解决可能出现的运行风险, 提高核电厂的整体性能。

【作者简介】万凯进(1979-), 男, 中国江苏泰州人, 本科, 工程师, 从事核电运行培训研究。

2.1 核电厂运行安全状态的研究现状

对核电厂运行安全状态的研究主要聚焦于多方面因素, 包括核反应堆的控制、冷却系统的稳定性、辐射监测等。通过对先前事故和经验的总结, 研究者们致力于识别可能导致事故的关键因素, 并提出相应的监测和预警策略。然而, 传统的方法往往依赖于人工干预和手动监测, 难以实现对大规模数据的实时分析和细致观察。

2.2 智能诊断系统在核电领域的应用

为了克服传统方法的局限性, 智能诊断系统在核电领域得到了广泛应用。这些系统基于先进的人工智能技术, 如机器学习和深度学习, 通过对庞大的实时数据进行分析, 能够更准确地检测潜在问题并进行预测。智能诊断系统的引入使得核电厂能够更好地应对复杂的运行环境和各种潜在风险, 提高事故预防和应急响应的效率。

2.3 相关技术和方法的概述

在智能诊断系统的应用中, 涉及一系列相关技术和方法, 包括但不限于数据挖掘、模式识别、信号处理等。数据挖掘技术用于从大量数据中提取潜在的关联规律, 模式识别技术则帮助系统识别异常行为和预测可能的故障。信号处理

技术用于处理核电厂各个系统产生的复杂信号，从而更准确地反映其运行状态。这些技术的综合应用为智能诊断系统提供了强大的分析和预测能力，使其成为提高核电厂安全性和运行效率的重要工具。

3 系统架构设计

在核电厂运行安全状态的智能诊断系统中，系统架构的设计是确保系统高效运行和准确诊断的关键。这一设计涵盖了核电厂安全状态构建、安全状态特征的确定与提取、逻辑联系的建立以及智能技术的选择与应用，旨在建立一个全面而高效的系统。

3.1 核电厂安全状态构建

核电厂安全状态构建是系统设计的基础，其目标是综合考虑核电厂各个系统的运行状况，包括反应堆、冷却系统、辐射监测等，以形成一个全面的安全状态图。这一构建需要充分考虑不同系统之间的相互影响和关联，确保整个系统具有完备而准确的状态信息，为后续的诊断和预测提供坚实的基础。

3.2 安全状态特征的确定与提取

确定和提取核电厂安全状态的特征是智能诊断系统的核心任务之一。这涉及对大量实时数据的分析，以识别与安全状态相关的关键特征。这些特征可能包括温度、压力、辐射水平等多个方面，通过高效的算法和数据处理技术，系统能够准确提取这些特征，为后续的智能诊断奠定基础。

3.3 逻辑联系的建立

建立安全状态之间的逻辑联系是确保系统准确性和可靠性的关键步骤。这一过程涉及对不同安全状态之间的关系进行深入分析，以建立逻辑模型。这种模型可以捕捉到各种可能的状态转换和相互作用，为系统的实时监测和预测提供理论依据。

3.4 智能技术的选择与应用

在系统架构中，智能技术的选择是决定系统性能的重要因素。这包括对机器学习、深度学习等先进技术的灵活应用，以便系统能够不断学习和优化。选择合适的算法和模型，结合实际应用场景，使系统能够迅速而准确地响应核电厂运行中的各种变化，提高诊断效率和系统的整体性能。通过精心设计的系统架构，我们可以期望在核电厂运行安全状态监测领域实现更为准确、智能的诊断系统，为核能行业的可持续发展提供有力的支持。

4 关键挑战与难点

在构建核电厂运行安全状态的智能诊断系统过程中，我们面临着一系列关键挑战与难点。这些挑战直接影响系统的性能和准确性，因此需要深入研究和创新解决方案。

4.1 构建核电厂安全状态的难点

4.1.1 参数收集与监测

参数收集与监测作为构建核电厂安全状态的首要难点，面临着复杂而严峻的任务。核电厂包括众多系统和设备，需

要实时获取大量参数数据，如温度、压力、辐射水平等。确保这些数据的准确性、完整性和实时性涉及先进的传感器技术和数据采集系统的设计。针对参数分布广泛、变化迅速的情况，需要精心设计传感器布局和数据采样频率，以确保获取的信息对核电厂安全状态的全面监测具有高度敏感性。

4.1.2 安全状态的定义与界定

安全状态的定义与界定是构建过程中的另一挑战。由于不同核电厂存在着工程和设备配置的差异，安全状态的范围和定义需要根据具体情况进行定制。这要求对核电厂运行过程中潜在风险和异常事件有全面了解，以确保安全状态的定义既全面又准确。在面对多样化的核电厂设置时，制定灵活而全面的安全状态定义方案是确保系统适应性和准确性的关键。

4.2 特征确定与提取

4.2.1 代表核电厂安全状态的特征

确定代表核电厂安全状态的特征是智能诊断系统设计的关键任务。在多元、动态的运行环境下，需要深入挖掘最能反映核电厂整体安全状态的特征。这可能包括对不同系统之间的相互作用、变量之间的相关性等复杂关系的深入分析。通过引入先进的特征提取算法和数据分析方法，系统能够更准确地捕捉核电厂运行状态的变化，从而提高智能诊断的精度。

4.2.2 特征选择的依据与方法

特征选择是提高系统效率和准确性的关键步骤。在面对大规模数据集时，科学的特征选择依据和方法是确保选取的特征具有代表性和信息量的关键。通过综合考虑特征之间的相关性、方差阈值等因素，系统能够有效降低数据维度，减少冗余信息，从而提高特征选择的效率。

4.3 逻辑联系的建立

4.3.1 安全状态与关键功能的关联

建立安全状态与核电厂关键功能之间的关联是确保系统智能诊断准确性的核心因素。深入理解核电厂各个系统的功能和相互关系，建立安全状态与关键功能之间的明确联系，有助于系统更全面地理解核电厂运行状况。通过利用系统工程和因果推理等方法，能够有效建立安全状态与关键功能之间的关系图谱，从而为系统的智能诊断提供更为丰富的信息。

4.3.2 逻辑模型的构建

构建逻辑模型涉及对大量数据进行抽象和建模，以形成能够捕捉系统动态特性的模型。在面对多元系统之间复杂的逻辑关系时，需要运用先进的建模技术，如图论和系统动力学。通过建立综合的逻辑模型，系统能够更全面而准确地反映核电厂的运行状态，从而提高智能诊断系统的预测和分析能力。

5 智能诊断系统策略

在构建智能诊断系统以提升核电厂运行安全状态监测的过程中，制定合理的系统策略至关重要。这一策略的设计

涵盖了参数监测与数据采集、特征提取与选择,以及逻辑模型的建立,旨在确保系统在实际运行中能够高效而准确地诊断核电厂的安全状态。

5.1 参数监测与数据采集

5.1.1 传感器布置与数据采集

确保系统获取准确、全面数据是参数监测与数据采集的首要任务。传感器布置需综合考虑核电厂各系统关键点,以全面反映运行状态。数据采集频率需根据参数变化速率调整,确保系统获取实时、高频数据。传感器布置应覆盖关键系统,如反应堆压力、冷却剂温度,以及安全系统状态等。实现全面监测涉及传感器网络的优化设计,确保数据覆盖全系统。

5.1.2 数据预处理

获得原始数据后,数据预处理确保数据质量和系统性能。去除噪声、填补缺失值、标准化等步骤,保障后续特征提取和模型建立在高质量数据基础上进行。采用信号处理技术、插值方法等,确保数据质量。标准化数据范围,消除度量单位不同的影响,为后续分析提供一致的数据基础^[1]。

5.2 特征提取与选择

5.2.1 特征提取方法

特征提取从庞大数据集中抽取最具代表性信息,用于后续分析和建模。采用主成分分析(PCA)、小波变换等方法,降低数据维度、保留关键信息。选择适用于核电厂复杂环境的特征提取方法,以提高系统对关键特征的把握。

5.2.2 特征选择算法

特征选择算法进一步筛选重要特征,避免过度拟合,提高系统泛化能力。方差阈值法、互信息法等常用特征选择算法应根据实际应用场景选择。透过特征选择,系统更聚焦于关键信息,提高对核电厂安全状态的准确度。

5.3 逻辑模型的建立

5.3.1 安全状态与关键功能的关系

建立安全状态与核电厂关键功能的关系是智能诊断系统的核心。深入理解核电厂各系统的关键功能,关联其与安全状态,系统更全面理解核电厂运行状况。通过系统工程方法,将关键功能映射至安全状态,建立更精确的关系。

5.3.2 系统参数之间的逻辑联系

构建系统参数之间的逻辑联系是确保智能诊断系统准确性的关键步骤。使用图论、因果推理等方法,建立系统参数之间的关系图谱,确保逻辑模型能够全面而精确地捕捉核电厂运行状态的变化。通过制定并执行这一系统策略,智能诊断系统可以更为精准地监测核电厂的安全状态,提高对潜在风险的预测和诊断能力,为核电行业的安全性和可持续发展提供了有力支持^[2]。

6 智能技术的应用

在核电厂运行安全状态的智能诊断系统中,智能技术的应用是确保系统高效运行和及时响应的核心。这包括安全状态的诊断方法、实时报警与响应,以及基于模型的预测和

操作员界面设计。

6.1 安全状态的诊断方法

安全状态的诊断方法是智能诊断系统的核心功能之一。通过利用机器学习和模式识别等先进技术,系统可以自动分析大量的实时数据,识别潜在的安全隐患和异常状态。采用分类算法、聚类分析等方法,系统能够高效而准确地对核电厂的安全状态进行实时诊断,为运营人员提供及时的决策支持。

6.2 实时报警与响应

实时报警与响应是保障核电厂运行安全性的重要环节。基于智能技术,系统能够在检测到异常或潜在风险时迅速生成实时报警。这包括对特定安全状态的异常、关键参数的偏离等情况进行监测,以及及时向运营人员发出警报。智能诊断系统通过预设的规则和模型,能够实现高度敏感的实时监测,确保对潜在问题的及时响应。

6.2.1 基于模型的预测

利用基于模型的预测是提高系统预警性能的重要手段。系统可以建立针对不同安全状态的预测模型,通过分析历史数据和实时输入,预测未来可能出现的状态变化和风险。这使得系统不仅能够实时诊断当前状态,还能够提前预测潜在问题,帮助运营人员采取预防性的措施,最大程度地减少潜在风险。

6.2.2 操作员界面设计

设计直观而高效的操作员界面对于智能诊断系统的成功应用至关重要。系统需要提供清晰的可视化信息,以便运营人员迅速了解核电厂的安全状态。合理设计的界面不仅包括实时监测数据和报警信息,还应该考虑人机交互的友好性,以便操作员能够迅速作出决策。通过结合可视化技术、图表展示等手段,操作员能够直观地理解系统输出的信息,更好地应对突发状况和安全风险。通过综合利用这些智能技术应用,核电厂的智能诊断系统能够提高对安全状态的准确监测和预测能力,为核能行业的可持续发展提供了切实可行的技术支持^[3]。

7 结语

本研究为核电厂运行安全状态的智能诊断系统提供了全面的设计框架和解决方案,强调了智能技术在提高核电厂运行安全性方面的关键作用。未来的研究可以在实际核电厂中进行系统的实施和优化,以验证该框架的实用性和可行性,为核电行业的安全管理和可持续发展提供更为深入的支持。

参考文献

- [1] 梁杰恒.基于深度学习的核电厂运行状态智能诊断及预测方法研究[D].广州:华南理工大学,2022.
- [2] 王海洋,荣健.碳达峰、碳中和目标下中国核能发展路径分析[J].中国电力,2021,54(6):86-94.
- [3] 李小斌,张红娜,曲凯阳,等.核能集中供热系统优越性分析[J].华电技术,2020,42(11):69-82.